

EDICT OF GOVERNMENT

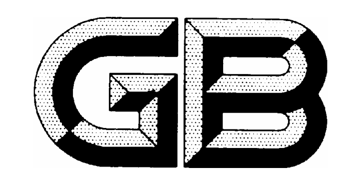
GB 24512-2 (2009) (Chinese): Seamless steel tubes and pipes for nuclear power plant - Part 2: Alloy steel seamless tubes and pipes



BLANK PAGE



ICS 77.140.75
H 48



中华人民共和国国家标准

GB ××××.2—××××

核电站用无缝钢管　第2部分：合金钢无缝钢管

Seamless steel tubes and pipes for nuclear power plant—Part 2: Alloy steel seamless tubes and pipes

（报批稿）

××××-××-××发布　　××××-××-××实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

前　　言

本部分的第 5.1.2 条、第 5.2.2 条、第 5.3.1.2 条、第 5.3.2.1 条、第 5.5 条、第 5.7 条、第 6.1.2 条、第 6.1.3 条、第 6.2.2.2 条、第 9.2 条为推荐性的，其余为强制性的。

GB ××××《核电站用无缝钢管》的预计结构及名称如下：

——第 1 部分：碳素钢无缝钢管；

——第 2 部分：合金钢无缝钢管；

——第 3 部分：不锈钢无缝钢管。

本部分为 GB ××××《核电站用无缝钢管》的第 2 部分。本部分参照 EN 10216-2:2002《压力用途的无缝钢管　交货技术条件　第 2 部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢钢管》及《ASME 锅炉及压力容器规范 第Ⅱ卷 A 篇 铁基材料》2007 版中的 SA-213M《锅炉、过热器和换热器用铁素体和奥氏体合金钢无缝钢管规范》和 SA-335M《高温用铁素体合金钢无缝钢管规范》制定。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会（SAC/TC183）归口。

本部分起草单位：攀钢集团成都钢铁有限责任公司、冶金工业信息标准研究院、苏州热工研究院有限公司、沈阳东管电力科技集团有限公司。

本部分主要起草人：郭元蓉、成海涛、晏如、黄颖、赵彦芬、李奇、董莉、薛飞、吴洪、刘刚、于洋。

核电站用无缝钢管　第 2 部分：合金钢无缝钢管

1　范围

GB ××××的本部分规定了核电站用合金钢无缝钢管的分类、代号、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量报告。

本部分适用于制造核电站非核级设备承压部件用合金钢无缝钢管。

2　规范性引用文件

下列文件中的条款通过GB ××××的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 222　钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.5　钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法（GB/T 223.5-2008，ISO 4829-1:1986,ISO 4829-2:1988，MOD）

GB/T 223.9　钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S分光光度法

GB/T 223.11　钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法（GB/T 223.11-2008，ISO 4937:1986，MOD）

GB/T 223.14　钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.18　钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量

GB/T 223.23　钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法

GB/T 223.26　钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.29　钢铁及合金 铅含量的测定 载体沉淀-二甲酚橙分光光度法

GB/T 223.31　钢铁及合金 砷含量的测定 蒸馏分离-钼蓝分光光度法（GB/T 223.31-2008，ISO 17058:2004，IDT）

GB/T 223.37　钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-靛酚蓝光度法测定氮量

GB/T 223.40　钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法

GB/T 223.53　钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量（GB/T 223.53-1987，eqv ISO/DIS 4943:1986）

GB/T 223.54　钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定镍量（GB/T 223.54-1987，eqv ISO/DIS 4940:1986）

GB/T 223.58　钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量

GB/T 223.59　钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和锑磷钼蓝分光光度法

GB/T 223.60　钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量

GB/T 223.62　钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.63　钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量

GB/T 223.67　钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法（GB/T 223.67-2008，ISO 10701:1994，IDT）

GB/T 223.68　钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量

GB/T 223.69　钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 223.71　钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量

GB/T 223.72　钢铁及合金 硫含量的测定 重量法

GB/T 223.76　钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钒量

GB/T 223.78　钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量(GB/T 223.78-2000,ISO 10153:1997,IDT)

GB/T 224　钢的脱碳层深度测定法(GB/T 224-2008, ISO 3887:2003，MOD)

GB/T 226　钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法（GB/T 226-1991，ISO 4969:1980，NEQ）

GB/T 228　金属材料 室温拉伸试验方法(GB/T 228-2002，eqv ISO 6892:1998)

GB/T 229　金属材料 夏比摆锤冲击试验方法（GB/T 229-2007，ISO 148-1:2006，MOD）

GB/T 231.1　金属布氏硬度试验 第1部分:试验方法（GB/T 231.1-2002，eqv ISO 6506-1:1999）

GB/T 232　金属材料 弯曲试验方法（GB/T 232-1999，eqv ISO 7438:1985）

GB/T 241　金属管 液压试验方法

GB/T 242　金属管 扩口试验方法(GB/T 242-2007, ISO 8493：1998,IDT)

GB/T 246　金属管 压扁试验方法(GB/T 246-2007，ISO 8492:1998 ，IDT)

GB/T 1979　结构钢低倍组织缺陷评级图

GB/T 2102　钢管的验收、包装、标志和质量证明书

GB/T 2975　钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备（GB/T 2975-1998，eqv ISO 377:1997）

GB/T 4336　碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法(常规法)

GB/T 4338　金属材料高温拉伸试验方法(GB/T 4338-2006，ISO 783:1999，MOD)

GB/T 5777-2008　无缝钢管超声波探伤检验方法(ISO 9303:1989,Seamless and welded (except submerged arc -welded) steel tubes for pressure purposes -full peripheral ultrasonic testing for the detection of longitudinal imperfections，MOD）

GB/T 6394　金属平均晶粒度测定法（GB/T 6394-2002，ASTM E 112:1996，MOD）

GB/T 7735　钢管涡流探伤检验方法(GB/T 7735-2004，ISO 9304:1989，MOD)

GB/T 10561　钢中非金属夹杂物含量的测定--标准评级图显微检验法(GB/T 10561-2005，ISO 4967:1998 ，IDT)

GB/T 12606　钢管漏磁探伤方法(GB/T 12606-1999，eqv ISO 9402:1989;ISO 9598:1989)

GB/T 13298　金属显微组织检验方法

GB/T 17395　无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差(GB/T 17395-2008,ISO 4200:1991、ISO 5252:1991、ISO 1127:1992，NEQ)

GB/T 17505　钢及钢产品交货一般技术要求(GB/T 17505-1998,eqv ISO 404:1992)

GB/T 20066　钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法(GB/T 20066-2006,ISO 14284:1996,IDT)

GB/T 20123　钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）(GB/T 20123-2006，ISO 15350:2000，IDT)

GB/T 20124　钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法（常规方法）(GB/T 20124-2006，ISO 15351:1999，IDT)

YB/T 4149　连铸圆管坯

YB/T 5137　高压用热轧和锻制无缝钢管圆管坯

3　分类及代号

3.1　本部分的无缝钢管按产品制造方式分为两类，其类别和代号如下：

a)　热轧（挤、顶、锻、扩）钢管，代号为W-H;

b) 冷拔（轧）钢管，代号为W-C。

3.2 本部分的无缝钢管按尺寸精度分为两类，其类别和代号如下：

a) 普通级精度，代号为 PA；

b) 高级精度，代号为PC。

3.3 下列代号适用于本部分：

D 外径（如未特别指明公称外径或计算外径，即为公称外径或计算外径）

S 壁厚（如未特别指明公称壁厚或最小壁厚，即为公称壁厚或最小壁厚）

S_{min} 最小壁厚

d 公称内径

3.4 钢的牌号由代表核电用途的汉语拼音首位大写字母（HD）和化学成分组成。

例如：HD15Ni1MnMoNbCu

其中：

HD——“核电”汉语拼音首位大写字母；

15Ni1MnMoNbCu——“15”表示平均含碳量（以万分之几计），其后是规定的合金元素符号和代表合金元素平均含量的阿拉伯数字。

4 订货内容

按本部分订购钢管的合同或订单应包括下列内容：

a) 标准编号；

b) 产品名称；

c) 钢的牌号

d) 订购的数量（总重量或总长度）；

e) 尺寸规格；

f) 特殊要求。

5 尺寸、外形、重量及允许偏差

5.1 外径和壁厚

5.1.1 钢管按公称外径和公称壁厚交货，钢管的公称外径和公称壁厚应符合 GB/T 17395 的规定。

5.1.2 根据需方要求，经供需双方协商，钢管可按公称外径和最小壁厚、公称内径和公称壁厚或其他尺寸规格方式交货。

根据需方要求，经供需双方协商，可供应 GB/T 17395 规定以外尺寸的钢管。

注：如未特别指明公称壁厚或最小壁厚，本部分所述“壁厚”即为公称壁厚或最小壁厚；如未特别指明公称外径或计算外径，本部分所述“外径”即为公称外径或计算外径。

5.2 外径和壁厚的允许偏差

5.2.1 钢管按公称外径和公称壁厚交货时，其公称外径和公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

钢管按公称外径和最小壁厚交货时，其公称外径的允许偏差应符合表 1 的规定，壁厚的允许偏差应符合表 2 的规定。

钢管按公称内径和公称壁厚交货时，其公称内径的允许偏差为±1%*d*，公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

5.2.2 当需方未在合同中注明钢管尺寸允许偏差级别时，钢管外径和壁厚的允许偏差应符合普通级的规定。

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应表 1 和表 2 规定以外尺寸允许偏差的

钢管，或其他内径允许偏差的钢管。

表1　钢管公称外径和公称壁厚的允许偏差　　　　单位为毫米

分类代号	制造方式	钢管尺寸			允许偏差	
					普通级(PA)	高级（PC）
W-H	热轧(挤、顶、锻)钢管	公称外径（D）	≤54		±0.40	±0.30
			>54		±1%D	±0.75%D
		公称壁厚（S）	≤4.0		±0.45	±0.35
			>4.0～20		+12.5%S -10%S	±10%S
			>20	D<219	±10%S	±7.5%S
				D≥219	+12.5%S -10%S	±10%S
W-H	热扩钢管	公称外径（D）	全部		±1%D	±0.75%D
		公称壁厚（S）	全部		+18%S -10%S	+12.5%S -10%S
W-C	冷拔(轧)钢管	公称外径（D）	≤25.4		±0.15	—
			>25.4～40		±0.20	—
			>40～50		±0.25	—
			>50～60		±0.30	—
			>60		±0.5%D	—
		公称壁厚（S）	≤3.0		±0.3	±0.2
			>3.0		±10%S	±7.5%S

表2　钢管最小壁厚的允许偏差　　　　单位为毫米

分类代号	制造方式	壁厚范围	允许偏差	
			普通级	高级
W-H	热轧(挤、顶、锻)钢管	S_{min}≤4.0	+0.9 0	+0.7 0
		S_{min}>4.0	+25%S_{min} 0	+22%S_{min} 0
W-C	冷拔(轧)钢管	S_{min}≤3.0	+0.6 0	+0.4 0
		S_{min}>3.0	+20%S_{min} 0	+15%S_{min} 0

5.3　长度

5.3.1　通常长度

5.3.1.1　钢管的通常长度为 4 000 mm～12 000 mm。

5.3.1.2　经供需双方协商，并在合同中注明，可交付长度大于 12 000 mm 或短于 4 000 mm 但不短于 3 000 mm 的钢管。长度短于 4 000 mm 但不短于 3 000 mm 的钢管，其数量应不超过该批钢管交货总数量的 5%。

5.3.2　定尺长度和倍尺长度

5.3.2.1　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可按定尺长度或倍尺长度交货。

5.3.2.2　钢管按定尺长度交货时，其长度允许偏差应符合下述规定：

a)　D≤406.4 mm 时，$^{+15}_{0}$；

b）D＞406.4 mm时，$^{+20}_{0}$ mm。

5.3.2.3 钢管按倍尺长度交货时，每个倍尺长度应按下述规定留出切口余量：

a）D≤159 mm时，切口余量为5 mm～10 mm；

b）159＜D≤406.4 mm时，切口余量为10 mm～15 mm；

c）D＞406.4 mm时，切口余量为15 mm～20 mm。

5.4 弯曲度

5.4.1 钢管的每米弯曲度应符合如下规定：

a）S≤15 mm时，不大于1.5 mm/m；

b）15 mm＜S≤30 mm时，不大于2.0 mm/m；

c）S＞30 mm时，不大于3.0 mm/m。

5.4.2 D≥127 mm的钢管，其全长弯曲度应不大于钢管总长度的0.10％。

5.5 不圆度和壁厚不均

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径和壁厚公差的80%。

5.6 端头外形

钢管两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺应予清除。

5.7 重量

5.7.1 交货重量

钢管按公称外径和公称壁厚或公称内径和公称壁厚交货时，钢管按实际重量交货，亦可按理论重量交货。

钢管按公称外径和最小壁厚交货时，钢管按实际重量交货；供需双方协商，并在合同中注明，钢管亦可按理论重量交货。

5.7.2 理论重量的计算

钢管理论重量的计算按GB/T 17395的规定（钢的密度按7.85 kg/dm^3）。

按公称内径和公称壁厚交货钢管,应采用计算外径计算理论重量,其计算外径是按公称内径和公称壁厚计算出来的外径值；按最小壁厚交货钢管,应采用平均壁厚计算理论重量，其平均壁厚是按壁厚及其允许偏差计算出来的壁厚最大值与最小值的平均值。

5.7.3 重量允许偏差

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，交货钢管实际重量与理论重量的偏差应符合如下规定:

a) 单根钢管：±10%;

b）每批最小为10 t的钢管：±7.5%。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

6.1.1 钢的牌号和化学成分（熔炼成分和成品成分）应符合表3的规定。

成品化学成分的相关术语、定义和判定方法应符合GB/T 222的规定。

除非冶炼需要，未经需方同意，不允许在钢中添加表3中未提及的元素。制造厂应采取所有恰当的措施,以防止废钢和生产过程中所使用的其他材料把会削弱钢材力学性能及适用性的元素带入钢中。

6.1.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，除表3规定元素外，成品化学成分分析还可包括硼、铅、砷和汞，并提供其分析结果给需方。

6.1.3 本部分钢的牌号与其他标准相近钢牌号的对照参见附录A。

表 3 钢的牌号和化学成分

序号	牌 号	取样	化学成分（质量分数），%												
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Al_{tot}	Cu	Nb	N	P	S
														不大于	
1	HD12Cr2Mo	熔炼成分	0.08～0.15	≤0.50	0.40～0.70	2.00～2.50	0.90～1.20	≤0.08	≤0.30	—	≤0.20	—	—	0.025	0.015
2		成品成分	0.07～0.16	≤0.54	0.37～0.73	1.90～2.60	0.86～1.24	≤0.08	≤0.30	—	≤0.20	—	—	0.030	0.020
3	HD15Ni1MnMoNbCu	熔炼成分	0.10～0.17	0.25～0.50	0.80～1.20	0.15～0.30	0.25～0.40	≤0.02	1.00～1.30	≤0.050	0.50～0.80	0.015～0.025	≤0.020	0.025	0.015
4		成品成分	0.09～0.18	0.21～0.54	0.76～1.24	0.14～0.35	0.21～0.44	≤0.02	0.95～1.35	≤0.055	0.45～0.85	0.010～0.030	≤0.020	0.030	0.020
注：Al_{tot} 指全铝含量。															

6.2 制造方法

6.2.1 制造大纲

钢管制造前，制造厂应制定制造大纲，其内容应包括制造过程中的各个制造和检验工序。

6.2.2 钢的冶炼方法

6.2.2.1 钢应采用电弧炉加炉外精炼并经真空精炼处理，或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理，或电渣重熔法冶炼。需方指定某一种冶炼方法时，应在合同中注明。

6.2.2.2 经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他更高要求的冶炼方法。

6.2.3 管坯的制造方法及要求

6.2.3.1 管坯应采用连铸、模铸或热轧（锻）方法制造。

6.2.3.2 连铸管坯应符合 YB/T 4149 的规定，其中低倍组织缺陷中心裂纹、中间裂纹、皮下裂纹和皮下气泡的级别应分别不大于 1 级。

热轧（锻）管坯应符合 YB/T 5137 的规定。

模铸管坯（钢锭）的头部和尾部应有足够的切除量，以保证钢管的质量。

6.2.4 钢管的制造方法

钢管应采用热轧（挤、顶、锻、扩）或冷拔（轧）无缝方法制造。热扩钢管应是指坯料钢管经整体加热后扩制变形而成的更大口径的钢管。

钢管加工变形中的总延伸系数（锻造比）应不小于 3。制造厂应采取恰当的制造工艺，以保证钢管不同部位加工变形的均匀性。

6.3 交货状态

钢管应以热处理状态交货。钢管的热处理制度应符合表 4 的规定。

表 4 钢管的热处理制度

序号	牌号	热处理状态	奥氏体化		回火		保温时间
			加热温度 ℃	冷却介质	加热温度 ℃	冷却介质	
1	HD12Cr2Mo	正火加回火或淬火加回火	正火：900～960 淬火：≥900	空气或快速冷却	700～750	空气	正火保温时间按壁厚每 1 mm 不少于 1.5min 计算，但不小于 20min。 回火保温时间不小于 1h。
2	HD15Ni1MnMoNbCu	正火加回火或淬火加回火	正火：900～980 淬火：880～930	空气或快速冷却	630～680	空气	

6.4 力学性能

6.4.1 拉伸性能

6.4.1.1 室温拉伸性能

交货状态钢管的室温拉伸性能应符合表 5 的规定。

表 5 钢管的室温拉伸性能

序号	牌 号	拉伸性能			
		抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	
				纵向	横向
1	HD12Cr2Mo	450～600	≥280	≥22	≥20
2	HD15Ni1MnMoNbCu	620～780	≥440	≥19	≥17

6.4.1.2 高温拉伸性能

交货状态钢管的高温拉伸性能应符合表 6 的规定。HD15Ni1MnMoNbCu 的高温拉伸试验温度应根据需方要求在合同中注明。

表 6 钢管的高温拉伸性能

序号	牌号	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断面收缩率 Z %	
					平均值	单个值
1	HD12Cr2Mo	350	—	≥185	—	—
2	HD15Ni1MnMoNbCu	200	≥520	≥402	≥35	≥25
		300	≥520	≥382	≥35	≥25
		400	≥500	≥343	≥35	≥25

6.4.1.3 拉伸试验试样

外径小于 219 mm 的钢管，拉伸试验应沿钢管纵向取样。

外径不小于 219 mm 的钢管，当钢管尺寸允许时，拉伸试验应沿钢管横向截取圆形横截面试样。当钢管尺寸不足以沿横向截取圆形横截面试样时，拉伸试验应沿钢管纵向取样。横向圆形横截面试样应取自未经压扁的试料。

6.4.2 硬度

交货状态钢管应做布氏硬度试验，硬度试验的实测值应提供给需方。

6.4.3 冲击吸收能量

6.4.3.1 交货状态钢管的夏比V型缺口冲击吸收能量KV_2应符合表 7 的规定。

冲击试验结果的判定应符合 GB/T 2102 的规定。

表 7 夏比V型缺口冲击吸收能量（KV_2 ） 单位为焦耳

序号	牌号	20℃		0℃		-20℃	
		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
1	HD12Cr2Mo	≥45	≥30	—	—	—	—
2	HD15Ni1MnMoNbCu	≥95	≥64	≥80	≥54	≥60	≥40

6.4.3.2 表 7 中的冲击吸收能量为全尺寸试样夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值。当采用小尺寸冲击试样时，小尺寸试样的最小夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值应为全尺寸试样冲击吸收能量要求值乘以表 8 中的递减系数。

表 8　小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸（高度×宽度），mm	递减系数
标准试样	10×10	1.00
小试样	10×7.5	0.75
小试样	10×5	0.50

6.4.3.3　外径小于 219 mm 的钢管，冲击试验沿钢管纵向或横向取样；如合同中无特殊规定，仲裁试样应沿钢管纵向截取。

外径不小于 219 mm 的钢管，冲击试验应沿钢管横向取样。

冲击试验试样的缺口轴线应垂直于钢管轴向（钢管表面）。

无论沿钢管纵向截取还是沿钢管横向截取，冲击试样均应为标准尺寸、宽度 7.5 mm 或宽度 5 mm 中可能的较大尺寸试样。当钢管壁厚不大于 6.0 mm 时，不做冲击试验。

6.5　液压试验

钢管应逐根进行液压试验。液压试验压力按式（1）计算，最大试验压力应不超过 50 MPa。在试验压力下，稳压时间应不少于 15 s，钢管不允许出现渗漏现象及残余变形。

$$P = 2SR/D \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

P——试验压力，单位为兆帕（MPa），当P<7 MPa时，修约到最接近的0.5 MPa，当P≥7 MPa时，修约到最接近的1 MPa；

S——钢管壁厚，单位为毫米（mm）；

R——允许应力，为表 5 规定非比例延伸强度最小值的 80%，单位为兆帕（MPa）；

D——钢管外径，单位为毫米（mm）。

经需方同意，并在合同中注明，供方可用涡流探伤或漏磁探伤代替液压试验。涡流探伤时，对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735 中验收等级 B 的规定；漏磁探伤时，对比样管外表面纵向人工缺陷应符合 GB/T 12606 中验收等级 L2 的规定。

6.6　工艺性能

6.6.1　压扁试验

6.6.1.1　钢管应做压扁试验。压扁试验按以下两步进行：

a)　第一步是延性试验，试验时试样压至两平板间距离为 H，H 按式（2）计算。

$$H = \frac{(1+\alpha)S}{\alpha + S/D} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

H——两平板间的距离，单位为毫米（mm）；

α——单位长度变形系数，取 0.08；

S——钢管壁厚，单位为毫米（mm）；

D——钢管外径，单位为毫米（mm）。

试样压至两平板间距离为 H 时，试样上不允许出现裂缝或裂口。

b)　第二步是完整性试验（闭合压扁）。压扁继续进行，直到试样破裂或试样相对两壁相碰。在整个压扁试验期间，试样不允许出现目视可见的分层、白点和夹杂。

6.6.1.2　下述情况不应作为压扁试验合格与否的判定依据：

a)　试样表面缺陷引起的无金属光泽的裂缝或裂口；

b)　当 S/D>0.1 时，试样 6 点钟（底）和 12 点钟（顶）位置处内表面的裂缝或裂口。

6.6.2　弯曲试验

6.6.2.1　外径大于 406.4 mm 或壁厚大于 40 mm 的钢管可用弯曲试验代替压扁试验。一组弯曲试验应

包括一个正向弯曲（靠近钢管外表面的试样表面受拉变形）和一个反向弯曲（靠近钢管内表面的试样表面受拉变形）。

弯曲试验的弯芯直径为 25 mm，试样应在室温下弯曲 180°。

弯曲试验后，试样弯曲受拉表面及侧面不允许出现目视可见的裂缝或裂口。

6.6.2.2　弯曲试验的试样应沿钢管横向截取，试样的制备应符合GB/T 232的规定。试样截取时，正向弯曲试样应尽量靠近外表面，反向弯曲试样应尽量靠近内表面。试样弯曲受拉变形表面不允许有明显伤痕和其他缺陷。

试样加工后的截面尺寸为 12.5 mm×12.5 mm 或 25 mm×12.5 mm（宽度×厚度）；截面上的四个角应倒成圆角，圆角半径不大于 1.6 mm；试样长度不大于 150 mm。

6.6.3　扩口试验

外径不大于 76 mm 且壁厚不大于 8 mm 的钢管应做扩口试验。

扩口试验在室温下进行，顶芯锥度为 60°。扩口后试样的外径扩口率应符合表 9 的规定，扩口后试样不允许出现裂缝或裂口。

表 9　钢管外径扩口率

内径[a]/外径	≤0.6	＞0.6～0.8	＞0.8
钢管外径扩口率，%	8	10	15
[a] 内径为试样计算内径。计算内径是按公称外径和公称壁厚（当钢管按最小壁厚交货时为平均壁厚）计算出来的内径值。			

6.7　低倍检验

采用钢锭直接轧制的钢管应做低倍检验，钢管低倍检验横截面酸浸试片上不允许有目视可见的白点、夹杂、皮下气泡、翻皮和分层。

6.8　非金属夹杂物

用钢锭和连铸圆管坯直接轧制的钢管应做非金属夹杂物检验，钢管的非金属夹杂物按 GB/T 10561 中的 A 法评级，其 A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别应分别不大于 2.5 级，DS 类夹杂物应不大于 2.5 级；A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数应各不大于 6.5 级。

6.9　晶粒度

交货状态钢管的实际晶粒度应为 5 级或更细，两个试片上晶粒度最大级别与最小级别差应不大于 3 级。

6.10　显微组织

成品钢管的显微组织应符合如下规定：

a)　HD12Cr2Mo 为铁素体加粒状贝氏体或铁素体加珠光体或铁素体加粒状贝氏体加珠光体；

b)　HD15Ni1MnMoNbCu 为铁素体加贝氏体。

c)　允许存在索氏体，不允许存在相变临界温度A_{C1}～A_{C3}之间的不完全相变产物（如黄块状组织）。

6.11　脱碳层

外径不大于 76 mm 的冷拔(轧)成品钢管应检验全脱碳层，其内外表面全脱碳层深度应分别不大于 0.3 mm，两者之和应不大于 0.4 mm。

6.12　表面质量

6.12.1　钢管的内外表面不允许有裂纹、折叠、结疤、轧折和离层。这些缺陷应完全清除，缺陷清除深度应不超过壁厚的10%，缺陷清除处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。缺陷清除处不允许焊补，且应圆滑过渡，缺陷清除的深、宽、长之比应不小于1:6:8。

钢管内外表面上直道允许的深度应符合如下规定：

a)　冷拔（轧）钢管和以机加工表面交货的钢管：不大于壁厚的 4%，且最大为 0.2 mm；

b)　热轧（挤、顶、锻、扩）钢管：不大于壁厚的 5%，且最大为 0.4 mm。

深度不超过钢管壁厚的 5%，或钢管壁厚小于 6 mm 时深度不超过 0.3 mm，且不超过壁厚允许负偏

差的其他局部缺欠允许存在。

6.12.2　钢管内外表面的氧化铁皮应清除，但不妨碍检查的氧化薄层允许存在。

6.12.3　以机加工表面交货的钢管，其表面粗糙度应不大于 *R*a12.5μm。

6.13　超声波探伤检验

6.13.1　钢管应按GB/T 5777-2008的规定逐根全长进行超声波探伤检验。超声波探伤检验对比试样人工缺陷刻槽深度等级应为L2，最小深度应为0.2 mm，最大深度应为1.0 mm。

当钢管壁厚与外径之比大于0.2时，除非合同中另有规定，钢管内壁人工缺陷深度按GB/T 5777-2008中附录C的C.1条规定执行。

当钢管按最小壁厚交货时，对比样管刻槽深度按钢管平均壁厚计算。

6.13.2　自动检验不能完全检验的钢管端部应切除或进行手工超声波检验。手工检验方法的灵敏度应至少与自动检验方法一致，用作校正灵敏度的钢管应是用于自动检验的钢管。

7　试验方法

7.1　钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

7.2　钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查。

7.3　力学和工艺性能检验的取样方法应符合如下规定：

a)　试样应取自交货状态钢管一端截取的试料环，试料应有足够的尺寸，以便截取全部试验及复验所需试样；

b)　采用钢锭制成的成品钢管，其检验用试样应在钢管上对应于钢锭帽口端的一端截取；

c)　试样端部距管端的距离应不小于钢管的壁厚，但不超过 40 mm；

d)　壁厚不大于 30 mm 的钢管，其力学性能检验的试样轴线应位于钢管壁厚的二分之一处；壁厚大于 30 mm 的钢管，其力学性能检验的试样在靠近钢管内壁四分之一处截取。

7.4　钢管各项检验的试验方法、取样方法和取样数量应符合表 10 的规定。

表 10　钢管的试验方法、取样方法和取样数量

序号	检验项目	试验方法	取样方法	取样数量
1	化学成分[a]	GB/T 223 GB/T 4336 GB/T 20123 GB/T 20124 [illegible]	GB/T 20066	每炉取 1 个试样
2	室温拉伸试验	GB/T 228	GB/T 2975、6.4.1.3 条、7.3 条	每批在两根钢管上各取 1 个试样
3	高温拉伸试验	GB/T 4338	GB/T 2975、6.4.1.3 条、7.3 条	每批在两根钢管上各取 1 个试样
4	硬度试验	GB/T 231.1	GB/T 2975	每批在两根钢管上各取 1 个试样
5	冲击试验	GB/T 229	GB/T 2975、6.4.3.3 条、7.3 条	每批在两根钢管上各取一组 3 个试样
6	液压试验	GB/T 241	—	逐根
7	涡流探伤检验	GB/T 7735	—	逐根
8	漏磁探伤检验	GB/T 12606	—	逐根
9	压扁试验	GB/T 246	GB/T 246、7.3 条	每批在两根钢管上各取 1 个试样
10	弯曲试验	GB/T 232	GB/T 232、6.6.2.2 条、7.3 条	每批在两根钢管上各取一组 2 个试样
11	扩口试验	GB/T 242	GB/T 242、7.3 条	每批在两根钢管上各取 1 个试样
12	低倍检验	GB/T 226 GB/T 1979	GB/T 226	每炉在两根钢管上各取 1 个试样

表 10（续）

序号	检验项目	试验方法	取样方法	取样数量
13	非金属夹杂物	GB/T 10561	GB/T 10561	每炉在两根钢管上各取 1 个试样
14	晶粒度	GB/T 6394	GB/T 6394	每批在两根钢管上各取 1 个试样
15	显微组织	GB/T 13298	GB/T 13298	每批在两根钢管上各取 1 个试样
16	脱碳层	GB/T 224	GB/T 224	每批在两根钢管上各取 1 个试样
17	超声波探伤检验	GB/T 5777-2008	—	逐根
[a] 汞的分析方法由供需双方协商确定。				

8 检验规则

8.1 检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量技术监督部门进行。

8.2 组批规则

钢管的化学成分、低倍检验和非金属夹杂物检验按熔炼炉检查和验收，钢管的其余检验项目应按批检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格和同一热处理制度（炉次）的钢管组成。每批钢管的数量应不超过如下规定：

a) D≤ 114.3 mm：200 根；

b) 114.3 mm＜ D≤325 mm ：100 根；

c) D＞325 mm：50 根。

8.3 取样数量

钢管各项检验的取样数量应符合表 10 的规定。

8.4 复验与判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T 17505 的规定。复验时，应对测得的不合格项目取双倍数量试样进行检验，不足双倍数量试样时，可逐根检验。如果复验试样在原抽样钢管上截取时，其试样应在试料上原取样邻近部位截取。

若复验结果不合格，制造厂可将该批剩余钢管逐根检验。

8.5 重新热处理

力学性能和工艺性能不合格的钢管，可进行重新热处理。重新热处理后的钢管应以新的批提交验收。重新热处理只允许一次。

9 包装、标志和质量报告

9.1 钢管包装前应使用无油、干燥、清洁的压缩空气或其他适宜的方法对钢管内外表面进行清洁处理。钢管两端管口应采用塑料管帽、塑料布、麻袋布或其他合适的方法和材料进行封堵。

钢管包装的其他规定应符合 GB/T 2102 的规定。

9.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管外表面可涂防锈油脂或防锈漆。

9.3 钢管的标志应符合 GB/T 2102 的规定。

9.4 不论交货前的钢管状况如何，制造厂应在每一项检验后建立以下相应的质量报告，并将报告提供给需方：

a) 钢的冶炼方法，钢的化学成分熔炼分析和成品分析报告；

b) 管坯的制造方法报告；

c) 热处理记录及分析报告；

d) 力学和工艺性能试验报告；
e) 表面质量目视检查报告；
f) 无损检验报告；
g) 液压试验报告；
h) 其他规定检验项目的检验报告。

这些报告中还应包括以下内容：

——熔炼炉号和钢管批号；
——制造厂识别标志；
——订货单号（合同号）；
——如有必要，检查机构的名称；
——各种试验和复验的结果，及与其相对照的规定值。

附　录　A
（资料性附录）
相近钢牌号对照表

表A.1列出了本部分钢的牌号与其他标准相近牌号的对照，供参考。

表A.1　本部分钢的牌号与其他标准相近钢牌号对照表

序号	本部分钢的牌号	其他相近的钢牌号			
		GB 5310《高压锅炉用无缝钢管》	EN 10216-2《压力用途的无缝钢管　交货技术条件　第2部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢钢管》	NF A49-213《高温用非合金和Mo或Mo-Cr合金钢无缝钢管》	《ASME锅炉及压力容器规范 第Ⅱ卷 A篇 铁基材料》
1	HD12Cr2Mo	12Cr2MoG	10CrMo9-10	TU 10 CD 9-10	SA-213 T22、SA-335 P22
2	HD15Ni1MnMoNbCu	15Ni1MnMoNbCu	15NiCuMoNb5-6-4	—	SA-213 T36 Class 1/ Class 2